

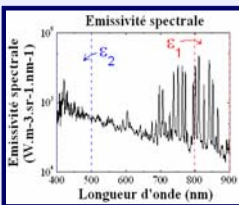


Contexte : Les plasmas thermiques sont des gaz fortement ionisés, dans lesquels les électrons, les atomes et les ions sont à la même température. Utilisés dans de nombreuses applications industrielles comme la métallurgie, la projection, le traitement des déchets etc., ils constituent des systèmes complexes très étudiés. La température est une des grandeurs particulièrement pertinente à analyser, car elle est d'une part un élément de contrôle du bon déroulement des processus, et d'autre part un paramètre clé dans la connaissance des propriétés des plasmas.

Problématique : Il existe plusieurs méthodes expérimentales permettant d'en déterminer la valeur, mais si celles-ci sont souvent précises, elles imposent la mise en place de dispositifs spectroscopiques relativement précis. C'est pourquoi il est intéressant de mettre au point une nouvelle méthode de diagnostic, basée non plus sur une analyse spectrale fine, mais sur une analyse globale du rayonnement.

Objectifs : Notre objectif est d'étudier, de mettre en place puis de valider deux nouvelles méthodes de diagnostic en température pour les plasmas thermiques.

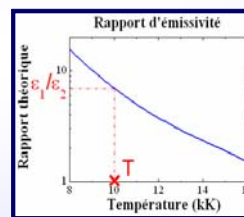
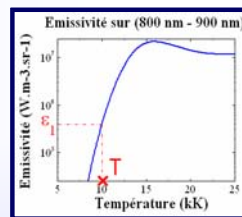
Travail réalisé et résultat marquant : Nous avons réalisé une étude théorique préliminaire, dont les résultats constituent les données de bases des mesures expérimentales effectuées par la suite. Une comparaison entre les résultats théoriques et expérimentaux obtenus avec différentes méthodes de diagnostic a démontré la faisabilité et la validité de nos nouvelles méthodes de diagnostic.



Point de départ : Enregistrement et calcul du rayonnement émis par le plasma. Ceci nous permet de déterminer la valeur de l'émissivité de différents intervalles spectraux (par exemple e_1 sur l'intervalle 800-900nm).

Méthode 1 : Emissivité d'un intervalle spectral. L'idée est de comparer la mesure de l'émissivité du plasma sur un intervalle spectral, e_1 par exemple, avec l'évolution théorique de cette émissivité avec la température :

Si $e_{1,exp}(T_{plasma}) = e_{1,th}(T)$, alors $T_{plasma} = T$, unicité de la solution.
Cette méthode a l'avantage d'être très précise.



Méthode 2 : Rapport d'émissivité entre deux intervalles spectraux. L'idée est d'effectuer le rapport entre les émissivités de deux intervalles spectraux distincts, e_1 et e_2 par exemple, puis de comparer la valeur obtenue avec l'évolution théorique de ce rapport avec la température :

Si $(e_1/e_2)_{exp}(T_{plasma}) = (e_1/e_2)_{th}(T)$, alors $T_{plasma} = T$. Cette méthode a l'avantage de ne pas nécessiter de calibration.

Etude théorique

Hypothèses :

- ❖ Gaz : Ar, 80%Ar-20%H₂, 80%N₂-20%O₂ et He.
- ❖ Équilibre thermodynamique local.
- ❖ Pression atmosphérique : P = 1 atm.
- ❖ 300 nm < ? < 1100 nm et 5000 K < T < 25000 K.

Calculs :

Le rayonnement est composé :

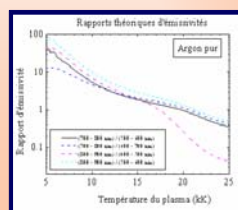
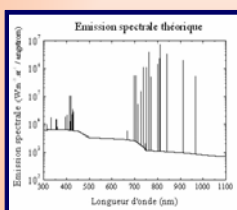
- ❖ d'un fond continu, généré par les interactions entre les électrons libres et les particules du gaz plasmagène.

Difficulté : recenser toutes les structures électroniques des espèces présentes dans le plasma (niveau d'énergie, dégénérescence, nombres quantiques).

- ❖ de raies, induites par les transitions électroniques entre les différents niveaux d'énergies des particules.

Difficulté : prise en compte des profils d'élargissements de chaque raie, indispensable pour estimer leur absorption.

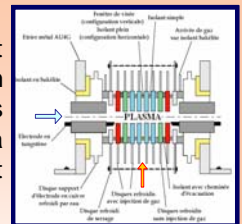
Résultats : (exemple avec un plasma d'argon)



Etude expérimentale

Dispositif expérimental :

❖ Le plasma (dit stabilisé par parois) est confiné à l'intérieur d'un cylindre de 4 mm de diamètre et de 5,5 cm de long. Les mesures sont réalisées parallèlement à l'axe du cylindre (flèche bleue), et radialement (flèche rouge).



- ❖ **Calibration** à l'aide d'une lampe à ruban de tungstène.

- ❖ **Enregistrement du spectre** par l'intermédiaire d'un spectromètre à fibre (300 nm < ? < 1100 nm).

- ❖ Plusieurs **profils de température** sont obtenus pour différents courants, imposés au plasma par une alimentation stabilisée.

Difficultés : veiller à la précision de l'alignement optique, ainsi que de l'étalonnage.

Calculs :

Le rayonnement enregistré est analysé par diverses méthodes de diagnostic, ce qui permet de déterminer le profil de température du plasma, et de comparer les méthodes entre elles.

Résultats : (obtenus avec un plasma d'argon)

